

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3608550 A1

②1 Aktenzeichen: P 36 08 550.2  
②2 Anmeldetag: 14. 3. 86  
④3 Offenlegungstag: 17. 9. 87

⑤1 Int. Cl. 4:  
**F16K 11/044**  
F 16 K 31/02  
F 15 B 13/02  
// H01L 41/08

Behörden Eigentum

DE 3608550 A1

⑦1 Anmelder:  
Festo KG, 7300 Esslingen, DE

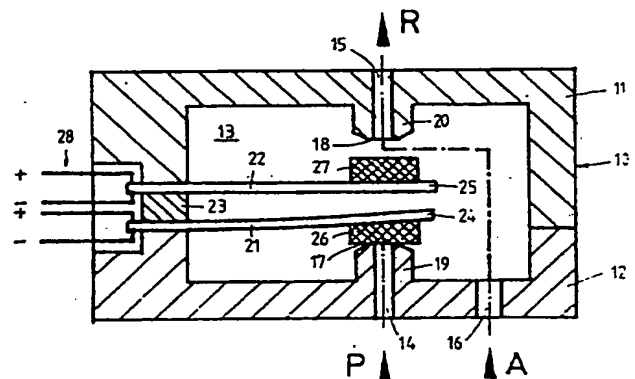
⑦4 Vertreter:  
Magenbauer, R., Dipl.-Ing.; Reimold, O., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Vetter, H., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw.,  
7300 Esslingen

⑦2 Erfinder:  
Stoll, Kurt, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE; Kettner,  
Siegfried, Dipl.-Ing., 7015 Korntal-Münchingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Piezo-elektrisch betätigbares Ventil

Es wird ein piezo-elektrisch betätigbares Ventil mit einer in einem Gehäuse (10) angeordneten, langgestreckten, einseitig eingespannten Piezokristall-Anordnung (21, 22) vorgeschlagen, deren Anschlüsse (28) zur Ventilbetätigung mit einer elektrischen Spannungsquelle verbindbar sind. In einem Innenraum (13) des Gehäuses (10) münden wenigstens drei Ventilkänäle (14-16), wobei wenigstens ein Dichtkörper (26, 27) am freien Ende der Piezokristall-Anordnung (21, 22) zwischen zwei einerseits mit einem Zulaufkanal (14) und andererseits mit einem Ablaufkanal (15) verbundenen Ventilsitzen (17, 18) hineinragt. Ein Arbeitskanal (16) ist in jeder der beiden Schaltstellungen mit einem der beiden anderen Ventilkänäle (14, 15) verbunden. Auf diese Weise wird ein einfach aufgebautes, kostengünstiges Dreiwege-Ventil unter Verwendung von Piezokristall-Elementen als Schaltglieder geschaffen.



DE 3608550 A1

## Patentansprüche

1. Piezo-elektrisch betätigbares Ventil mit einer in einem Gehäuse angeordneten, langgestreckten, einseitig eingespannten Piezokristall-Anordnung, deren Anschlüsse zur Ventilbetätigung mit einer elektrischen Spannungsquelle verbindbar sind und mit einem durch wenigstens einen Dichtkörper am freien Ende der Piezokristall-Anordnung verschließbaren Ventilkanal, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Innenraum (13) des Gehäuses (10) wenigstens drei Ventilkänäle (14–16) münden, wobei der wenigstens eine Dichtkörper (26, 27; 32, 33) zwischen zwei einerseits mit einem Zulaufkanal (14) und andererseits mit einem Ablaufkanal (15) verbundenen Ventilsitzen (17, 18) angeordnet ist und wobei ein Arbeitskanal (16) in jeder Schaltstellung mit einem der beiden anderen Ventilkänäle (14, 15) verbunden ist.
2. Ventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ventilsitze (17, 18) an rohrförmig ausgebildeten, gegeneinander gerichtet in den Innenraum (13) des Gehäuses (10) reichenden Kanalbereichen (19, 20) angeordnet sind.
3. Ventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ventilsitze (17, 18) konusförmige Abschrägungen aufweisen.
4. Ventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ventilsitze halbkugelförmig gerundet sind.
5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezokristall-Anordnung aus zwei im wesentlichen parallel nebeneinander angeordneten Piezokristall-Elementen (21, 22) besteht, die an ihren voneinander abgewandten Außenflächen jeweils einen Dichtkörper (26, 27) tragen, wobei im Ruhezustand der Dichtkörper (26) des einen Elements (21) durch eine mechanische Vorspannung an dem einen Ventilsitz (17) und im elektrisch erregten Zustand der Dichtkörper (27) des anderen Elements (22) an dem anderen Ventilsitz (18) anliegt.
6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezokristall-Anordnung aus einem Piezokristall-Element (30) besteht, das beidseitig mit einem Dichtkörper (32, 33) versehen ist, wobei dieser im Ruhezustand durch eine mechanische Vorspannung des Elements (30) an dem einen Ventilsitz (17) und im elektrisch erregten Zustand an dem anderen (18) anliegt.
7. Ventil nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Piezokristall-Element (21) selbst mechanisch vorgespannt ist.
8. Ventil nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Piezokristall-Element (30) im Ruhezustand mittels der Kraft einer Feder (34), insbesondere einer Schraubenfeder am entsprechenden Ventilsitz (17) gehalten wird.
9. Ventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die als Schraubenfeder ausgebildete Feder (34) einerseits an einer entsprechenden Einformung (35) im Dichtkörper (33) abstützt und andererseits einen (20) der mit einem Ventilsitz (18) versehenen Kanalbereiche umfaßt.
10. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse (10) aus Kunststoff besteht.
11. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse (10)

quaderförmig ausgebildet ist.

12. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse (10) aus zwei Teilen (11, 12) besteht, die an der Einspannstelle der Piezokristall-Anordnung (21, 22; 30) zusammengesetzt sind.

13. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezokristall-Elemente (21, 22, 30) als Piezooxide-Bimorph-Platten (PXE-Platten) ausgebildet sind.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein piezo-elektrisch betätigbares Ventil mit einer in einem Gehäuse angeordneten, langgestreckten, einseitig eingespannten Piezokristall-Anordnung, deren Anschlüsse zur Ventilbetätigung mit einer elektrischen Spannungsquelle verbindbar sind und mit einem durch wenigstens einen Dichtkörper am freien Ende der Piezokristall-Anordnung verschließbaren Ventilkanal.

Als Piezokristall-Anordnung können handelsübliche Piezo-Biegeelemente verwendet werden, die beispielsweise aus zwei entgegengesetzt polarisierten piezo-elektrischen Schichten mit einer elastischen Zwischenschicht bestehen. Durch Anlegen einer positiven bzw. negativen Gleichspannung kann bei derartigen Elementen eine Verlängerung bzw. Verkürzung der piezo-elektrischen Schichten und damit eine für die Ventilsteuerung verwendbare elektrisch beeinflussbare Durchbiegung erzielt werden.

Aus der US-PS 43 40 083 ist ein derartiges Ventil bekannt, das als Implantat im menschlichen Körper zur Dosierung von Insulin od. dgl. eingesetzt wird. Da dieses Ventil nur einen einzigen Ventilkanal öffnen oder schließen kann, ist es nicht zur Verwendung als Dreiwege-Ventil geeignet.

Aus der DE-OS 25 11 752 ist zwar eine Signalwandlerstufe bekannt, bei der ein Piezokristall-Element zwischen zwei Regeldüsen verstellbar angeordnet ist, jedoch dient dieses Piezokristall-Element nicht zum Verschließen dieser Düsen und weist dementsprechend auch keine Dichtkörper auf. Das Element soll lediglich den Ausströmwiderrstand variieren, so daß die gesamte Stufe ebenfalls nicht als Dreiwege-Ventil einsetzbar ist.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein piezoelektrisch betätigbares Ventil zu schaffen, das bei einfachem und kostengünstigem Aufbau als Dreiwege-Ventil ausgebildet ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in einem Innenraum des Gehäuses wenigstens drei Ventilkänäle münden, wobei der wenigstens eine Dichtkörper zwischen zwei einerseits mit einem Zulaufkanal und andererseits mit einem Ablaufkanal verbundenen Ventilsitzen angeordnet ist und wobei ein Arbeitskanal in jeder Schaltstellung mit einem der beiden anderen Ventilkänäle verbunden ist.

Das erfindungsgemäße Ventil weist nur sehr wenige, einfache Teile auf und gewährleistet dennoch ein sicheres und störungsfreies Funktionieren als Dreiwege-Ventil.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Ventils möglich.

Die Ventilsitze sind vorteilhafterweise an rohrförmig ausgebildeten, gegeneinander gerichtet in den Innenraum des Gehäuses reichenden Kanalbereichen ange-

ordnet, wodurch bei Materialersparnis das Gehäuse dünnwandig ausgebildet werden kann und gleichzeitig eine optimale Anpassung an den Verstellweg möglich ist. Dabei können die Ventilsitze konusförmige Abschrägungen aufweisen oder halbkugelförmig gerundet sein.

Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung besteht die Piezokristall-Anordnung aus zwei im wesentlichen parallel nebeneinander angeordneten Piezokristall-Elementen, die an ihren voneinander abgewandten Außenflächen jeweils einen Dichtkörper tragen. Im Ruhezustand liegt der Dichtkörper des einen Elements durch eine mechanische Vorspannung an dem einen Ventilsitz und im elektrisch erregten Zustand der Dichtkörper des anderen Elements an dem anderen Ventilsitz an. Jedem Ventilsitz ist somit ein eigenes Piezokristall-Element zugeordnet. Da das im elektrisch erregten Zustand den zugeordneten Ventilsitz verschließende Element im Ruhezustand von keiner Kraft beaufschlagt ist, kann der Schließvorgang in besonders sicherer Weise erfolgen.

Eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung besteht darin, daß die Piezokristall-Anordnung nur aus einem einzigen Piezokristall-Element besteht, das beidseitig mit einem Dichtkörper versehen ist, wobei dieser im Ruhezustand durch eine mechanische Vorspannung an dem einen Ventilsitz und im elektrisch erregten Zustand an dem anderen Ventilsitz anliegt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß nur ein einziges Piezokristall-Element erforderlich ist, um die Funktionen eines Dreiwege-Ventils auszuführen.

Um einen Ventilsitz im Ruhezustand sicher zu verschließen, wird das entsprechende Piezokristall-Element selbst mechanisch vorgespannt und/oder mittels der Kraft einer Feder an diesem Ventilsitz gehalten. Diese Feder kann zweckmäßigerweise als Schraubenfeder ausgebildet sein, die sich einerseits in einer entsprechenden Einförmung im Dichtkörper abstützt und die andererseits zur Führung einen der mit einem Ventilsitz versehenen Kanalbereiche umfaßt.

Zur kostengünstigen Fertigung besteht das Gehäuse zweckmäßigerweise aus Kunststoff und ist quaderförmig ausgebildet. Eine große Montagefreundlichkeit und leichte Zugänglichkeit bei einer Reparatur oder Wartung wird dadurch erreicht, daß das Gehäuse aus zwei Teilen besteht, die an der Einspannstelle der Piezokristall-Anordnung zusammengesetzt sind.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 und 2 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung in der Schnittdarstellung mit zwei Piezokristall-Elementen und

Fig. 3 und 4 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung in der Schnittdarstellung mit einem Piezokristall-Element.

Gemäß den Fig. 1 und 2 weist ein quaderförmiges Gehäuse 10 aus Kunststoff einen oberen Teil 11, einen unteren Teil 12 und einen im wesentlichen ebenfalls quaderförmigen Innenraum 13 auf. In diesen Innenraum 13 münden ein Zulaufkanal 14 (P), ein Ablaufkanal 15 sowie ein Arbeitskanal 16 (A). Der Zulaufkanal 14 und der Ablaufkanal 15 münden an Ventilsitzen 17, 18, die an den Stirnflächen zweier rohrförmig ausgebildeter, gegeneinander gerichtet in den Innenraum 13 des Gehäuses 10 reichender Kanalbereiche 19, 20 angeordnet sind. Die Ventilsitze 17, 18 bzw. die Stirnflächen der Kanalbereiche 19, 20 sind umfangsseitig konusförmig abgeschrägt, können jedoch auch halbkugelförmig gerundet

sein oder andere ähnliche Profile aufweisen, die eine gute Dichtwirkung auch bei schräg anliegenden Dichtkörpern gewährleisten.

In der linken Wandseite des Gehäuses 10 sind zwischen dem oberen Teil 11 und dem unteren Teil 12 dichtend zwei langgestreckte, plattenförmige Piezokristall-Elemente 21, 22 eingesetzt bzw. eingespannt. Diese sind mittels eines dazwischen angeordneten Abstandskörpers 23 in einem vorgesehenen Abstand parallel nebeneinander geführt und reichen mit ihren freien Enden 24, 25 in den Innenraum 13 bis in den Bereich zwischen den Ventilsitzen 17, 18 hinein.

An dem unteren Piezokristall-Element 21 ist an der dem Ventilsitz 17 gegenüberliegenden Stelle ein scheibenförmiger, flexibler Dichtkörper 26 angebracht. Ein entsprechender Dichtkörper 27 ist am Piezokristall-Element 22 an der dem Ventilsitz 18 gegenüberliegenden Stelle angeordnet. Durch eine mechanische Vorspannung des Piezokristall-Elements 21 liegt der Dichtkörper 26 im Ruhezustand, d.h. im elektrisch nicht erregten Zustand dichtend am Ventilsitz 17 an, während das Piezokristall-Element 22 frei in den Innenraum 13 hineinragt. Die mechanische Vorspannung kann durch eine entsprechende Einspannung des Piezokristall-Elements 21 bzw. durch eine entsprechende Ausdehnung des Kanalbereichs 19 erreicht werden.

An den beiden nicht näher dargestellten, entgegengesetzt polarisierten Schichten der als Piezooxide-Bimorph-Platten (PXE-Platten) ausgebildeten Piezokristall-Elemente sind elektrische Zuleitungen 28 angebracht, die mit einer nicht näher dargestellten Gleichspannungsquelle verbindbar sind. In Fig. 1 ist der elektrisch nicht erregte Zustand, also der Ruhezustand dargestellt, während Fig. 2 den elektrisch erregten Zustand zeigt, bei dem die Piezokristall-Elemente 21, 22 mit der Gleichspannungsquelle verbunden sind. Infolge der dadurch bewirkten Durchbiegung der Piezokristall-Elemente 21, 22 hebt sich der untere Dichtkörper 26 vom Ventilsitz 17 ab, während sich der Dichtkörper 27 dichtend an den Ventilsitz 18 anlegt. Auf diese Weise ist im Ruhezustand gemäß Fig. 1 der Arbeitskanal 16 mit dem Ablaufkanal 15 verbunden, wird also im Falle eines gasförmigen Fluids als Arbeitsmittel entlüftet, während im elektrisch erregten Zustand gemäß Fig. 2 der Zulaufkanal 15 mit dem Arbeitskanal 16 verbunden ist, so daß dieser dadurch mit dem Druck des Arbeitsmediums beaufschlagt ist, während der Ablaufkanal 15 verschlossen ist.

Als Arbeitsmedium kann jedes beliebige Fluid eingesetzt werden, so daß das Ventil als Pneumatik- oder Hydraulikventil verwendet werden kann. Das Gehäuse 10 kann selbstverständlich auch aus anderen Materialien, wie z.B. Metallen, hergestellt sein. Ebenfalls sind andere Gehäuseformen möglich, wie z.B. kreiszylinderförmige oder kugelförmige Ausbildungen. Ein Vorteil dieses Ventils besteht gerade darin, daß praktisch beliebige Gehäuseformen in dünnwandiger oder dickwandiger Ausgestaltung verwendet werden können.

Das Gehäuse 10 des in den Fig. 3 und 4 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiels entspricht im wesentlichen dem des ersten Ausführungsbeispiels und ist daher nicht nochmals im einzelnen beschrieben. Zwischen die beiden Teile 11, 12 des Gehäuses 10 ist hier nur ein einziges Piezokristall-Element 30 eingespannt. An seinem freien Ende 31 trägt es auf beiden Seiten je einen der Ventilsitzen 17, 18 zugewandten Dichtkörper 32, 33. Eine Schraubenfeder 34 stützt sich einerseits in einer Randnut 35 des oberen Dichtkörpers 33 und anderer-

seits an der Oberseite des Innenraums 13 ab. Die Schraubenfeder 34 umgreift dabei den oberen Kanalbereich 20 als Führung.

Im Ruhezustand gemäß Fig. 3 drückt die Schraubenfeder 34 den unteren Dichtkörper 32 gegen den unteren Ventilsitz 17, so daß der Arbeitskanal 16 mit dem Ablaufkanal 15 verbunden ist. Wird das Piezokristall-Element 30 über die elektrischen Zuleitungen 28 mit der Gleichspannung beaufschlagt, so biegt es sich gemäß Fig. 4 nach oben gegen die Kraft der Schraubenfeder 34 und verschließt mittels des Dichtkörpers 33 den oberen Ventilsitz 18, so daß nunmehr der Zulaufkanal 14 mit dem Arbeitskanal 16 verbunden ist.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 3 und 4 kann die Schraubenfeder 34 auch entfallen, sofern das Piezokristall-Element 30 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel mechanisch vorgespannt im Ruhezustand am Ventilsitz 17 dichtend anliegt. Eine Kombination von mechanischer Vorspannung und Federkraft ist ebenfalls möglich. Auch beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 und 2 kann alternativ oder zusätzlich zur mechanischen Vorspannung des Piezokristall-Elements 21 die Federkraft einer nicht dargestellten Blatt- oder Schraubenfeder treten.

Es versteht sich auch, daß die Anordnung der Kanäle 14 bis 16 je nach Anwendungsfall untereinander vertauscht werden können.

Die Dichtkörper 32, 33 können auch durch einen einstückigen Dichtkörper ersetzt werden, dessen Dichtflächen nach beiden Seiten des Piezokristall-Elements 30 weisen.

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

3608550

· Nummer: 36 08 550  
 · Int. Cl. 4: F 16 K 11/044  
 Anmeldetag: 14. März 1986  
 Offenlegungstag: 17. September 1987

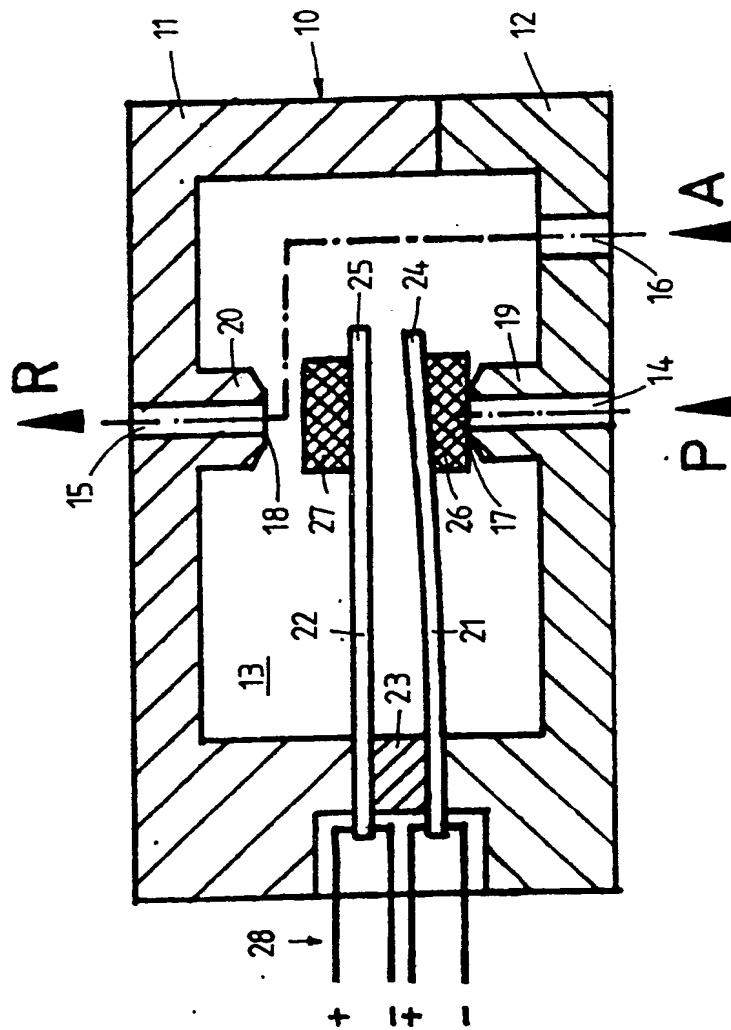


Fig. 1



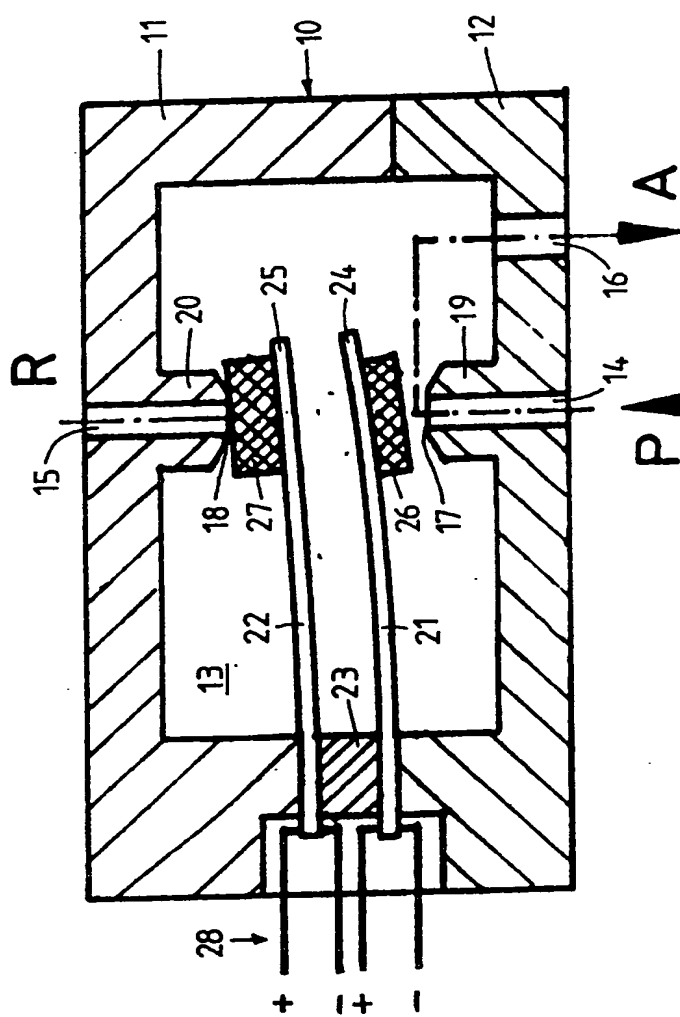


Fig. 2

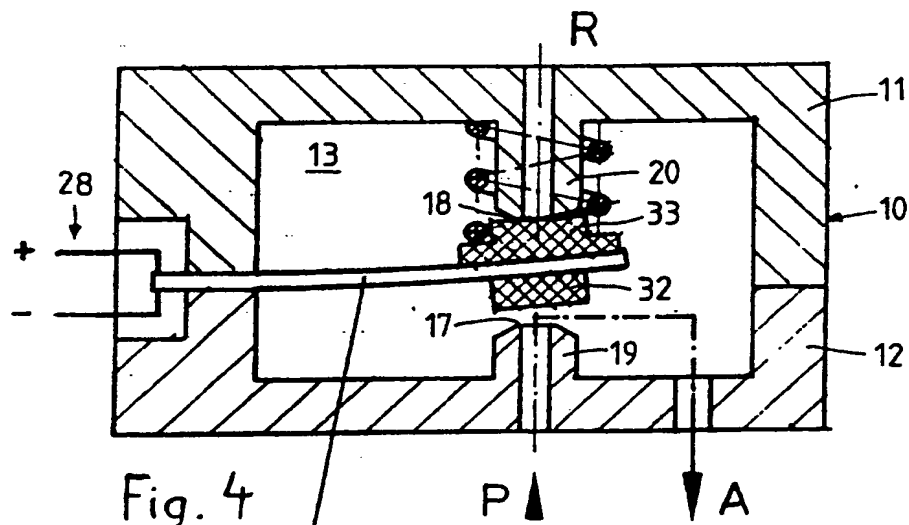


Fig. 4

03-519